

***Influencia de los factores
geográficos en las
inundaciones de los valles
cantábricos navarros***

Javier M. Pejenaute Goñi

Centro Asociado de la UNED de
Pamplona
Departamento de Geografía e
Historia
jpejenaute@pamplona.uned.es

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOGRÁFICOS EN LAS INUNDACIONES DE LOS VALLES CANTÁBRICOS NAVARROS

Javier M. Pejenaute Goñi

RESUMEN: Los valles cantábricos navarros han padecido numerosas inundaciones, que han generado cuantiosos daños. Este artículo, que tiene como objetivo el estudio de los factores geográficos que las originan, contempla cinco apartados: el clima y las precipitaciones; el relieve, en el que inciden la pendiente, orientación, y naturaleza del terreno; la vegetación; el comportamiento hidrológico de los ríos; y los obstáculos creados por el hombre que alteran las condiciones naturales.

PALABRAS CLAVE: Inundaciones históricas, factores, valles cantábricos navarros, precipitaciones intensas, riesgo.

ABSTRACT: The Cantabrian valleys of Navarre have undergone several floods that have caused considerable damage. This paper aims to study the geographical features that generate these floods by using the following variables: climate and rainfall; relief-considering slope, orientation and nature; vegetation; hydrological behaviour of rivers; and man-made obstacles that alter natural conditions.

KEYWORDS: historical floods, factors, Cantabrian valleys of Navarre, heavy rainfall, risk.

1. Introducción

Los valles cantábricos navarros, fronterizos con Guipúzcoa y Francia, pertenecientes a la Confederación Hidrográfica Norte, comprenden, según la Zonificación Navarra 2000, las áreas de Baztan, Cinco Villas, Bertizarana-Malerreka, Basaburua Artea y Barrena, y Araitz, y sus núcleos más poblados son: Elizondo, Bera, Leitza, Lesaka y Doneztebe. El territorio está recorrido por el río Baztan-Bidasoa y las cabeceras del Urumea y Oria, Nivelle y

Nive, que desembocan en el mar Cantábrico por Guipúzcoa y Francia.

Han padecido muchas avenidas que han generado cuantiosos daños (Ibisate et al., 2000; Pejenaute, 1991 y 1996; Prieto y Lamas, 1985; Gobierno Vasco, 2006 y 2007). Se ha realizado la identificación, caracterización y clasificación de los episodios históricos de inundación ocurridos en el período 1881-2007. El número total de inundaciones históricas de primer (13), segundo (34) y tercer nivel (126) demuestran que los valles cantábricos navarros

tienen alto riesgo de padecer estos episodios (Pejenaute, 2008). El hecho de que las inundaciones intensas se repitan últimamente con cierta intensidad (mayo de 2007 y febrero de 2009), hace pensar que, pese a las actuaciones realizadas, es un evento atmosférico extremo no dominado.

Se ha dividido el área afectada en tres tramos y catorce subtramos de la red de drenaje superficial, con características hidrogeológicas y ecológicas similares (Pejenaute, 2008). El primero incluye los ríos que tienen su cabecera en Navarra, desaguan en el Oria y Urumea e inundan los valles guipuzcoanos. El segundo, el más extenso, comprende el alto Bidasoa, desde la cabecera hasta la desembocadura del río Ezkurra, y el bajo Bidasoa, desde éste hasta Endarlatsa. Finalmente, el tercero, La Nive-La Nivelle, abarca ríos que desembocan en el mar Cantábrico, vía Francia (Fig. 1).

Esta investigación, que forma parte de un proyecto más amplio en vías de realización, financiado por la Fundación Caja Navarra (programa *tú eliges, tú decides*) tiene como objetivo el estudio de los factores geográficos, relacionados con el medio físico, que dan lugar a las inundaciones. Se estudia el clima, con las precipitaciones (cantidad, distribución temporal, intensidad, tipos, dinámica atmosférica) y temperatura que influye en la evaporación; el relieve, en el que inciden la pendiente, altitud, orientación, y la naturaleza del terreno (permeabilidad, grado de resistencia frente a la erosión); la vegetación que consume grandes cantidades de agua del suelo y protege de la erosión; el comportamiento hidrológico de los ríos (caudalosidad, regularidad, variaciones, estiajes, carga en suspensión); y finalmente, los obstáculos creados por el hombre que alteran las condiciones naturales. Se estima indispensable comprender las causas que provocan las inundaciones para poder afrontarlas.

2. Climatología peligrosa

Las características climáticas de los valles cantábricos navarros (temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración) favorecen las avenidas. Tienen un clima muy lluvioso de tipo atlántico, debido a la proximidad al mar Cantábrico, a la altitud cercana al nivel del mar, a la orientación de sus montañas, y a su situación, bien orientada, en la zona de entrada de las borrascas atlánticas.

Las precipitaciones, abundantes y muy contrastadas, se sitúan entre mil seiscientos y dos mil quinientos milímetros anuales. Estas diferencias son debidas a la mayor o menor proximidad al mar Cantábrico y a la situación de los valles con respecto a las pantallas climáticas de la zona. Invierno es la estación más húmeda, seguida de primavera y otoño, que también son muy lluviosas, y no hay sequía estival. Se registran de 160 a 180 días de lluvia en las partes bajas y de 180 a 190 en las montañas. Parte de la precipitación invernal se presenta en forma de nieve, sobre todo en el reborde pirenaico, si bien permanece poco tiempo en el suelo por la menor altitud de las montañas y la suavidad térmica, por lo que se dan casos de deshielo rápido que originan fuertes crecidas.

Las isoyetas siguen las curvas de nivel (Fig. 1), de tal manera que las precipitaciones disminuyen en las partes bajas de las cubetas, fondos de los valles y laderas de sotavento, y aumentan en las áreas montañosas. Las zonas más lluviosas superan los 2.200mm: cabecera del río Baztan en el macizo de Quinto Real, tramo 2a1; y regatas que nacen en el macizo de Cinco Villas, y montes del Bidasoa, tramos 1c y 2b1. Hay un área extensa en forma de U con precipitaciones entre 2.000mm y 2.200mm, que se convierte en un auténtico nido de inundaciones, y que abarca los sectores occidental, central y oriental.

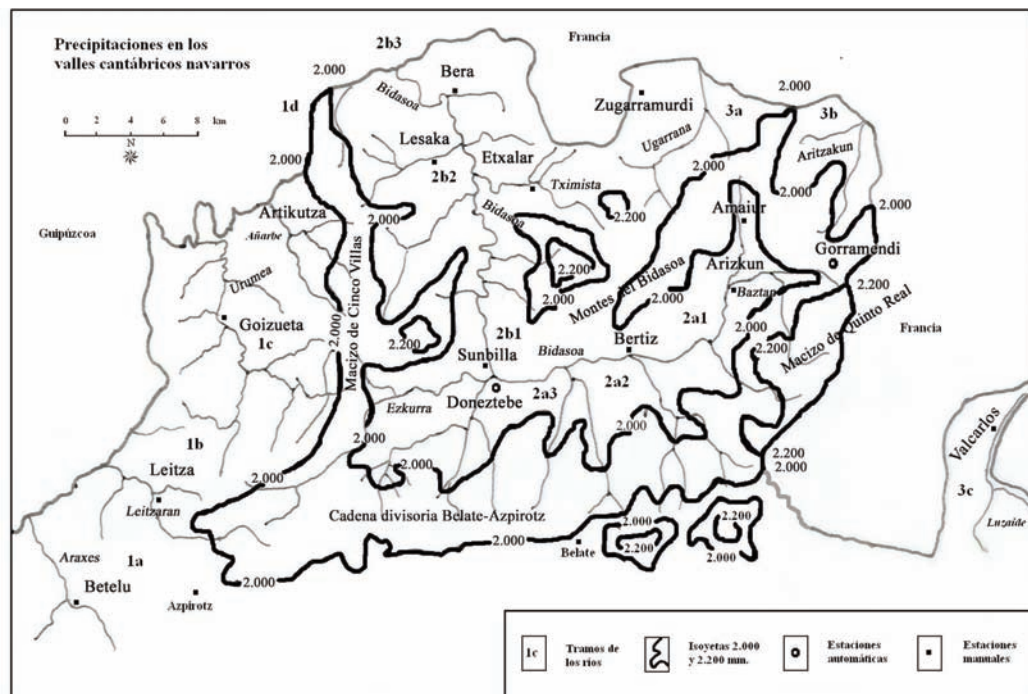


Fig. 1. Precipitaciones en los valles cantábricos navarros.

Cuadro 1. Precipitaciones máximas diarias previstas en los valles cantábricos a partir de la estimación de la distribución de valores máximos Gumbel (Pejenaute, 2002).

Observatorios	T2 (mm)	T5 (mm)	T10 (mm)	T15 (mm)	T20 (mm)	T25 (mm)	T50 (mm)	T100 (mm)
Artikutza	113,2	148,8	172,4	185,7	195,1	202,2	224,3	246,3
Arano Arrambide	90,8	120,4	140,0	151,1	158,8	164,8	183,2	201,4
Doneztebe	74,3	96,7	111,6	119,9	125,8	130,3	144,2	158,0
Amaiur	82,1	110,0	128,6	139,0	146,3	151,9	169,3	186,5

Estos valles anotan precipitaciones máximas diarias elevadas para distintos períodos de retorno (Cuadro I). Cuando las precipitaciones son generales e intensas en algunos tramos, las inundaciones son extraordinarias. Si, además, llueve mucho en las zonas bajas, se multiplica el efecto de la riada, al concentrarse en un mismo lugar las aguas procedentes de las partes altas y las de la lluvia directa (agosto de 1983).

La disposición del relieve del conjunto de la zona condiciona la génesis y la tipología de las crecidas. Estos valles, rodeados de alineaciones montañosas, que suponen barreras a la circulación habitual de la atmósfera, provocan los tres tipos de inundaciones más importantes: las originadas por los temporales atlánticos de otoño e invierno; las de deshielo con fusión repentina de la nieve de las cumbres en la estación invernal; y las convectivas del

semestre cálido, debido al calentamiento y ascenso de masas de aire húmedas.

Las lluvias torrenciales provocadas por los temporales de invierno y otoño, dan crecidas más prolongadas en el tiempo, que tienen lugar principalmente en enero, diciembre y octubre. Son precipitaciones frontales más duraderas, de carácter ciclónico orográfico, que generan crecidas generales, de mucha extensión espacial, originadas por una circulación zonal en altura de fuerte gradiente, que se ondula con anormal rapidez, y pasa de una situación poco lluviosa del Oeste, a otra muy inestable del Noroeste o del Norte.

Afecta a Navarra una vaguada fría con eje Islandia-Islas Británicas-Mediterráneo occidental, que convertida en borrasca cerrada, se sitúa en la parte oriental de Navarra (octubre 1953 y 1992; diciembre 1926 y 1992; enero 1899). El gradiente de presión, muy elevado en la Península, oscila entre 1.000-1.004 hPa y 1.020-1.024 hPa, y en la topografía de 500 milibares entre 5.400 m y 5.700 m. En esta topografía, la temperatura en invierno se sitúa entre -28 °C y -32°C, y en otoño entre los -20°C y -28°C.

Estos temporales resultan muy problemáticos cuando hay un rápido deshielo. Para ello tiene que nevar; después, aumentar bruscamente las temperaturas (viento solano); y registrar lluvias intensas (diciembre de 1930 y 1980, y marzo de 1930). Se trata de inundaciones lentas, duraderas y más previsibles, con una elevada generación de escorrentía; entonces, el agua descende de las montañas, desborda los ríos y produce daños de consideración. La peligrosidad se agrava cuando coincide la marea alta con los picos de las crecidas (Urumea en San Sebastián y Bidasoa en Irún), que provocan la subida del nivel de las aguas y el retraso del desagüe fluvial (octubre de 1933; diciembre de 1959).

Las tormentas breves e intensas provocadas por embolsamientos fríos en las capas

altas, que tienen lugar en la estación cálida (junio, agosto, mayo y septiembre), han dado lugar a las inundaciones más violentas, porque originan lluvia intensa en un corto espacio de tiempo, que provoca avenidas locales, repentinas, de tipo *flash-flood*, y difíciles de prever. Destacan, por su intensidad y daños ocasionados, las vaguadas del Noreste, depresiones formadas en procesos de retrogresión, con fuertes movimientos verticales (junio de 1895, agosto de 1983 y mayo de 2007). Las masas de aire de procedencia septentrional, en su giro ciclónico, se cargan de humedad a su paso, primeramente por el mar Mediterráneo, y después, por el mar Cantábrico y, al llegar a Navarra, forman células convectivas, dibujadas en el radar. La baja adopta una posición submeridiana en sus comienzos, para pasar después a meridiana, siendo entonces cuando se registran intensas precipitaciones en poco tiempo (Fig. 2).

Con este tipo de situación, resulta difícil la predicción del momento, la intensidad y la localización exacta, debido a la importancia de la orografía local. Es fundamental el seguimiento continuo del radar y la mejora de los sistemas de alerta. El 4 de mayo de 2007, en las imágenes del radar vasco de vigilancia de Kapilduy (Fig. 2), se observa la formación de diversas tormentas móviles que se desplazaban en el sentido Norte-Sur, con dos células convectivas de pequeña escala, dotadas de movimiento propio, localizadas, respectivamente, en los montes del Bidasoa y en la alineación oriental del macizo de Cinco Villas.

Los balances de humedad superan los 1.000 mm y oscilan desde los próximos a 1.000 mm de los observatorios menos irrigados a los casi 1.400 mm de los más húmedos (Cuadro II). Los más irrigados no tienen ningún mes deficitario o sólo julio, y los menos anotan déficit en julio y agosto, salvo Doneztebe, que lo hace también en junio. Con estos valores es frecuente que

coincidan lluvias intensas y suelos saturados de agua, por ello es importante observar las condiciones hidrológicas previas a las crecidas.

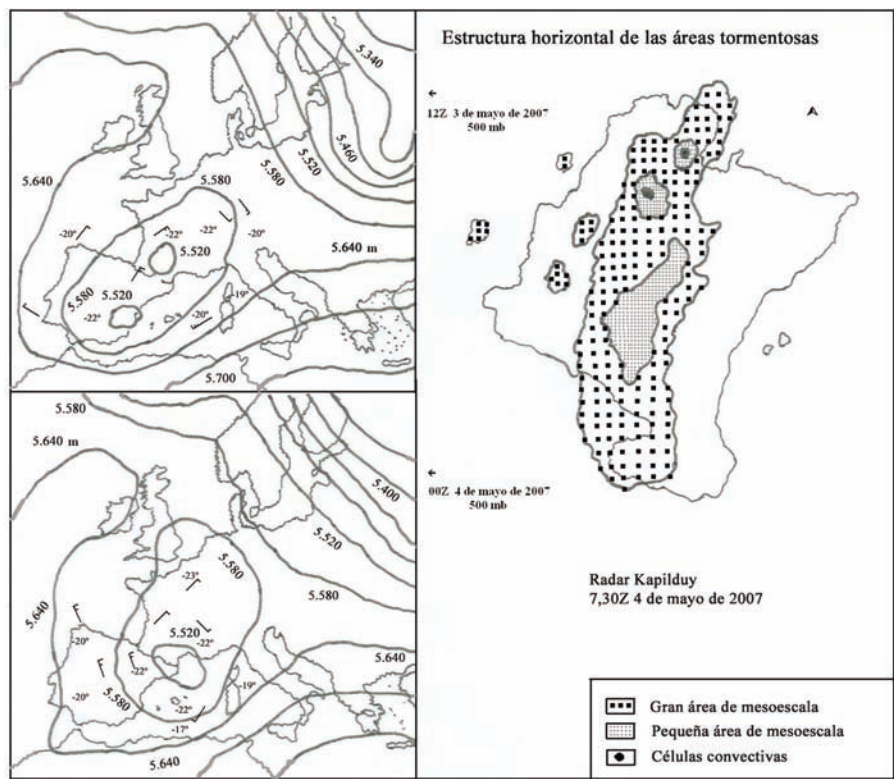


Fig. 2. Estructura horizontal de las tormentas, día 4 de mayo de 2007 en Navarra.

Cuadro II. ETP, balance y déficit de humedad aplicando el método de Thornthwaite.

Observatorio	Tramo	Altitud (m)	ETP (mm)	Balance (mm)	Déficit (mm)	Meses
Leitza	1b	475	674	1.377	48	Jl, Ag
Artikutza	1c	313	686	1.912	—	—
Arizkun	2a1	261	697	1.344	39	Jl, Ag
Erratzu	2a1	282	745	1.211	34	Jl
Doneztebe	2a3	140	739	1.056	177	Jn, Jl, Ag
Bera	2b2	50	740	1.236	83	Jl, Ag
Zugarramurdi	3a	137	747	1.002	23	Jl.
Valcarlos	3c	320	697	1.028	109	Jn, Jl, Ag

Elaboración propia a partir de datos del Estudio Agroclimático de Navarra, 2001.

2. El relieve

Un segundo factor físico que influye es el relieve y dentro del mismo, primeramente, la altitud, pendiente y orientación; y en segundo lugar, la naturaleza del terreno, que incluye aspectos claves como la permeabilidad, el grado de resistencia frente a la erosión, y las características morfológicas de los cursos de los ríos.

Estos valles, situados en la parte septentrional de la divisoria de aguas cantábrico-mediterráneo, tienen una orografía accidentada en la que destacan varias alineaciones montañosas, superiores a los 1.000 m: la cadena divisoria Belate-Azpirotz al Sur; el macizo de Cinco Villas, que se sitúa en las partes occidental y central (montes del Bidasoa); y el de Quinto Real en la oriental. Entre estas montañas, se encuentra el corredor de Bera-Ainhoa y las cubetas de Igantzi, Aranatz, Sunbilla, Lesaka, Etxalar y Baztan. Predomina una orografía compleja de valles encajados que discurren por gargantas estrechas y retorcidas.

Los tramos de los ríos tienen poca extensión de cuenca (Fig. 1), pero no por ello dejan de generar importantes puntas de crecida con gran probabilidad de coincidencia. Los más extensos son el 2a1, Baztan-Artesiaga (270 km²), el 1c, Urumea-Añarbe (164 km²), y el 2a3, Zeberia-Ezkurra-Espelura (142 km²). El resto son ríos de cuencas reducidas, unos más extensos, como el 1a, Araxes-Oria (75,2 km²), 2b3, Endara-Txingudi, y 2a2, Artesiaga-Zeberia-Marin, ambos próximos a 60 km². Y el resto, de escasa superficie, se sitúa entre los 40 y 60 km².

Las características topográficas favorecen la inundación. Se trata de valles profundos, rodeados de fuertes pendientes y en cuyos fondos aparecen pocas llanuras y no muy amplias. Las regatas y barrancos que alimentan los ríos tienen mucha pendiente, corto recorrido –hasta que llegan al río

principal– y poco terreno llano para expandirse. La costa se encuentra próxima, por lo que la pendiente es acusada, y se pasa, en poca distancia, de las montañas a las zonas llanas, o sea de unos 1.200 m al nivel del mar.

Los mapas topográfico y de pendientes no se corresponden, pues se alcanzan valores altos de pendiente en altitudes modestas. La mayor parte del territorio tiene una pendiente entre el 10 y el 20% (Gran Atlas Geográfico e Histórico de Navarra, 1986), que aumenta en sus cabeceras al 30%, la supera en pequeños sectores, y desciende del 10% en los pocos fondos de las depresiones. Son escasas las zonas inferiores al 10% y las superiores al 30%. Éstas, se dan en la parte Norte del macizo de Quinto Real, en el macizo de Cinco Villas y en la sierra de Aralar (tramos 3b, 2b2 y 1a). Más frecuentes son las pendientes medias entre el 20 y el 30% del macizo de Cinco Villas, montes del Bidasoa, macizo de Quinto Real, cadena divisoria, y sierra de Aralar (tramos 1b y 1c; 2b1 y 3a; 2a1; 2a2; 1a).

Hay un desnivel importante entre las montañas y las localidades. En los tramos del bajo Bidasoa (2b1, 2b2, 2b3) los afluentes del curso alto presentan desniveles importantes desde sus cabeceras en el macizo de Cinco Villas y montes del Bidasoa hasta los núcleos de población. Como los ríos van encajonados, las redes hidrográficas locales y comarcales no tienen la figura dendrítica habitual, y las confluencias fluviales se hacen en forma ortogonal. Son zonas de riesgo las pequeñas llanuras que se abren en los lóbulos cóncavos de los meandros, y los lugares en donde desembocan las regatas del monte.

Las fuertes pendientes del terreno dan lugar a que, a igualdad de precipitaciones, tanto el coeficiente de esorrentía como la punta de la onda de avenida aumenten. Resulta muy peligrosa la avenida súbita, provocada por lluvias intensas, con tiempo

de concentración mínimo e insuficiente de la riada. Cuando esto se produce, los testigos hablan de una gran ola o montaña de agua y lodo, que se precipita sobre las zonas llanas (2 de junio de 1913 en Erratzu; 17 de agosto de 1927 en Valcarlos; 25 de agosto de 1983 en Bera; 4 de mayo de 2007 en Etxalar). Resulta necesario mantener limpias pistas y riberas de vertederos y escombreras, y eliminar obstáculos.

La orientación favorable de las montañas a la trayectoria de las borrascas da lugar a cuatro pantallas pluviométricas, donde se gestan las inundaciones. La Noroccidental o del macizo de Cinco Villas, de orientación N-S y NO-SE (Erakurri, 1.139 m; Mendaur, 1.135 m) con el 65,2% de las inundaciones de primer y segundo nivel. La Norte o de los montes del Bidasoa, de orientación NE-SO (Izkolegui, 816 m; Legate, 870 m; Alkurruntz, 932 m), con el 63,04%. La Nororiental o del macizo de Quinto Real, de orientación NNO-SSE (Gorramendi, 1.081 m; Autza, 1.306 m; Ortanzurieta, 1.579 m) con el 45,6%. Y la meridional o de la cadena divisoria Belate-Azpirotz-Aralar, de orientación zonal (Irumugarrieta 1.427 m; Txaruta, 1.082; Sayoa, 1.419 m), con el 28,3% de las inundaciones (Fig. 1).

El territorio de los valles cantábricos navarros se formó en los ciclos geológicos herciniano, (era primaria) y alpino (secundaria y terciaria). La orogenia herciniana, cuyos restos están presentes en los macizos de Cinco Villas y Quinto Real, dio lugar a estructuras de plegamiento y a una intrusión granítica (peñas de Aya, en la parte Noroccidental). Forman un relieve dominado por una red de aristas de intersección de vertientes que se identifica con la divisoria de aguas de los ríos y regatas, que señala la dirección y orientación de las unidades de relieve y que constituye puntos de referencia en las crecidas fluviales (Fig. 3). Estas montañas fueron erosionadas y convertidas en una penillanura pretriásica, y sólo

permanece su basamento rígido, más o menos metamorfozado. En el plegamiento alpino, las rocas, poco plásticas, se fracturaron.

La resistencia de las rocas a la erosión influye en las inundaciones. Dominan las rocas silíceas en los macizos hercinianos, que aparecen en dos zonas distintas: al Norte de una línea que enlaza Leitza-Donztebe-Elizondo-sierra de Gorramendi; y una segunda, en el extremo oriental, macizo de Quinto Real (Fig. 3). Son rocas metamórficas (pizarras, esquistos, cuarcitas), cuya distinta resistencia a la erosión diferencial deja en resalte crestas de cuarcitas, y excava, con mayor o menor facilidad, los esquistos y las pizarras, sin formar un relieve apalachense, salvo en el extremo oriental. Forman un paisaje de sierras quebradas y valles encajonados y retorcidos de vertientes abruptas, que describen espectaculares meandros, labrados por los ríos Bidasoa y Urumea-Añarbe, que recogen las aguas torrenciales de innumerables regatas que descienden de las cumbres. Como los macizos se encuentran próximos al nivel del mar, semejan verdaderas montañas, salpicadas de cubetas o depresiones excavadas por la erosión. La intrusión granítica de peñas de Aya forma pitones de vertientes abruptas donde hay granito fino (peñas de Aya 806 m) y colinas suaves y valles tortuosos, donde abunda el grueso, más erosionable.

En los bordes de este macizo antiguo aparece una cubierta detrítica permotriásica, de conglomerados y areniscas, muy resistentes a la erosión, que ha modelado un paisaje de crestas en la cabecera del río Baztan, y en algunas zonas marginales (Norte del Leitzaran, Ezkurra, y cabeceras del Artesiaga y Zeberia-Marin), cursos altos 2a1, 2a2, 1b y 3b.

El dominio alpino ocupa menos territorio y se sitúa al Sur de la línea Leitza-Gorramendi, y en alguna zona marginal del extremo septentrional, siempre rodeando a

los macizos de Cinco Villas y Quinto Real. Afecta, casi en su totalidad, a los sectores 1a, 1b y 2a3 y sólo, a los cursos más bajos de los tramos 2a1 y 2a2. Son terrenos de cobertura mesozoica en los que alternan rocas resistentes, calizas y dolomías, con

otras de escasa dureza, margas y flysch. Aparecen aristas estructurales o crestas de intersección de vertientes, resalte de bancos rocosos resistentes de calizas, destacados por la erosión diferencial (Fig. 3).

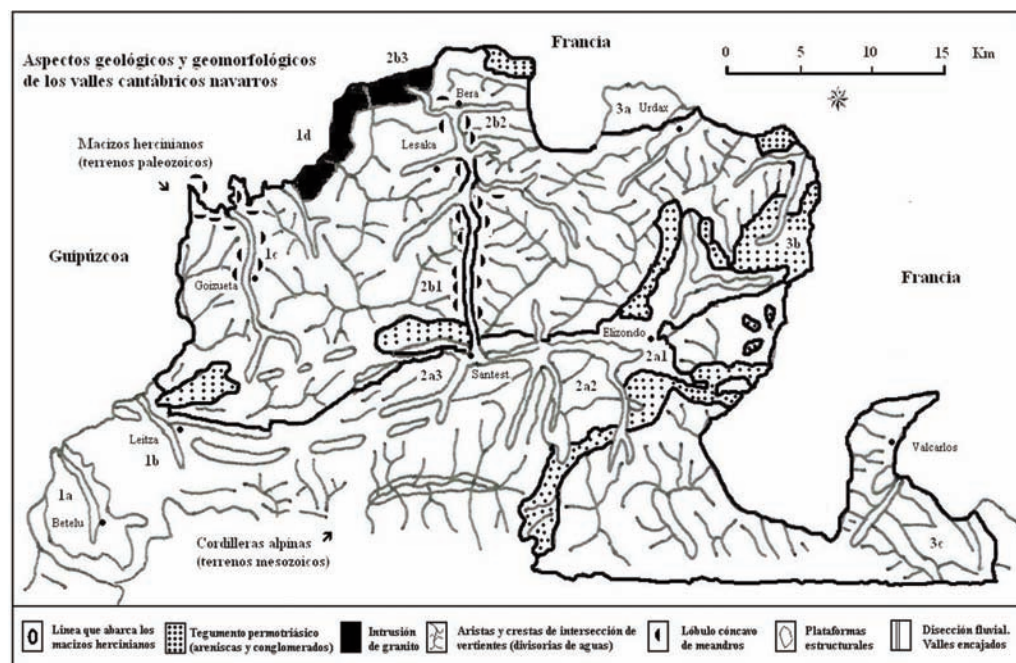


Fig. 3. Aspectos geológicos y geomorfológicos de los valles cantábricos navarros.

Las características litológicas de los valles cantábricos navarros, con presencia de rocas paleozoicas y del mesozoico, dan lugar a suelos principalmente impermeables, que no favorecen las pérdidas hídricas hacia conductos subterráneos, y reducen poco la escorrentía superficial. La mayor parte del territorio integrado en el macizo paleozoico, tramos 1c, 1d, 2b y 3a tiene suelos impermeables. El resto es impermeable en conjunto, con niveles permeables intercalados, salvo algunas bandas paralelas permeables en terrenos secundarios. Por lo

tanto, el terreno es poco favorable a la presencia de acuíferos de cierta importancia; existen pequeños y de ámbito local que son los que alimentan los manantiales que se utilizan para el abastecimiento de los pueblos.

El estudio pormenorizado de la morfología de los cursos alto, intermedio y bajo ayuda a entender el problema de las crecidas. En los valles cantábricos navarros predominan los cursos altos de los ríos, y los bajos en los valles guipuzcoanos, próximos al mar.

Los cursos altos ocupan en el primer tramo la cabecera del Araxes hasta las proximidades de Betelu, todo el río Leitzaran, y las cabeceras del Urumea-Añarbe y Oiartzun. En el segundo, las cabeceras del Baztan hasta Erratzu; las regatas Artesiaga y Zeberia-Marin; el Espelura antes de Oiz y Donamaria; el Ezkurra hasta Zubieta; el Latsa hasta Aranatz; y el Tximista antes de Etxalar. Y en el tercero, la cabecera del Ugarana y los cursos casi completos del Aritzakun y el Luzaide.

Se forman de la unión de muchos cauces pequeños e intermitentes que nacen en las montañas. El río que se inunda en las partes bajas, muchas veces en Guipúzcoa, está dividido y disperso en las partes altas, y con altas precipitaciones, drena y evacua el agua sobrante, y arrastra tierras y vegetales. Se trata de cursos torrenciales, veloces por la fuerte pendiente, en los que predominan los procesos de erosión y transporte, que producen deslizamientos y desprendimientos de rocas, arrastradas a los ríos principales. La concentración rápida de la escorrentía y las fuertes puntas de caudal se deben a su corto recorrido y gran pendiente, a la estrechez de sus valles y cauces, y a las densidades bajas de drenaje. Se ha observado continuamente la simultaneidad entre afluentes en las distintas inundaciones históricas, por lo que la disponibilidad de tiempo de reacción es muy pequeña.

El curso intermedio de menor pendiente, ocupa en el primer sector el Araxes y el Urumea desde las proximidades de Betelu y Goizueta respectivamente, hasta Guipúzcoa; en el segundo, el Baztan-Bidasoa desde Erratzu y Amaiur hasta Doneztebe, y el curso final del Ezkurra; y pequeños ríos del tercero, como el tramo final del Luzaide.

La zona más extensa de este tramo es la cuenca del Baztan-Bidasoa, que antes de Elizondo es una cubeta sinclinal formada por la acción erosiva sobre ofitas, arcillas y

margas del triásico. En su fondo, donde se encuentran las localidades y los cultivos, dominan formas más suaves. En su recorrido se encuentran aluviones silíceos y depósitos periglaciares en lengua de barro y bloques, y fondos planos aluviales, muchos de ellos con problemas de crecidas (Floristán, 2000). Algunas regatas caudalosas que proceden de los macizos hercinianos se unen al curso principal.

El Bidasoa, de Oronoz a Doneztebe, discurre por la parte central de la depresión intermedia, cuyos aluviones recubren el fondo; se abre en Narbarte, para llegar después a la llanura de inundación Legasa-Donztebe-Oteiza, terreno de asentamientos y cultivos, expuestos a las avenidas. Su afluente, el río Ezkurra, ha excavado en el *flysch* del cretácico, y en su orilla se asientan Zubieta, Ituren, Elgorriaga y Doneztebe, con meandros que cubren las aguas. Se une en Doneztebe con el Espelura y, juntos, canalizados, desembocan en el río Bidasoa.

El curso bajo está relacionado con los tramos medios y altos, y las laderas montañosas. Incluye, en Navarra, el Bidasoa desde Doneztebe hasta su desembocadura, las partes bajas de las regatas Latsa, Onin, Tximista y Zia; y el Ugarana desde las proximidades de Urdax hasta la frontera francesa. Estas regatas tienen un carácter torrencial más acusado, e introducen en el cauce principal materiales erosionados.

En este tramo, el Bidasoa cambia su dirección hacia el Norte a partir de Doneztebe, para pasar por un angosto canal, los montes del Bidasoa y Berroaran. Su curso se vuelve sinuoso mientras atraviesa el macizo paleozoico, y forma numerosos meandros pronunciados y terrazas fluviales. Existen problemas de inundación en zonas urbanas, donde el crecimiento industrial y urbano han llevado a la ocupación del espacio fluvial (Sunbilla, Ventas de Igantzi, Etxalar, Lesaka, Bera, Urdax), y en las áreas de confluencia de los sistemas fluviales.

Finalmente, el agua procedente de los valles navarros inunda las ciudades guipuzcoanas (Tolosa, Andoaín, Lasarte, Hernani) y, además, la marea alta, en el caso de San Sebastián, e Irun-Hondarribia, taponan la salida al mar del agua.

3. La vegetación

La vegetación arbórea que acompaña a los ríos cantábricos influye en las crecidas de los ríos. Se puede afirmar que sirve de freno a las elevadas precipitaciones porque consume grandes cantidades de agua del suelo y las raíces protegen el suelo de la erosión. Las condiciones climáticas (suavidad térmica, pocas y débiles heladas, abundancia y regularidad de precipitaciones) favorecen el desarrollo de la vegetación arbórea: bosque caduco, pinares y alisedas. Además, el paisaje vegetal cubre el terreno de hierba (prados) y matas (landas).

Los valles cantábricos tienen vegetación eurosiberiana con árboles de hoja caduca, entre los que sobresale el haya, que prefiere las montañas umbrosas, entre los 600 y 1.700 m de altitud, y los suelos fértiles, calizos y permeables; el roble, que se localiza en el fondo de los valles y laderas bajas; y el castaño, que busca los terrenos silíceos. Disminuyen el riesgo de inundaciones, pues las hojas de los árboles frenan la caída de las gotas de lluvia, y forman un manto esponjoso, que facilita la penetración y absorción del agua. Con lluvias torrenciales, el suelo es un auténtico depósito, que retiene cantidad de agua que se filtra lentamente hacia sus raíces. Además, el agua que corre ladera abajo encuentra árboles y arbustos, muy asentados por sus raíces profundas, que forman una red protectora de la arroyada.

También es tierra de pinares autóctonos y de repoblación, cuyo efecto protector es inferior al de los anteriores. Cuando la lluvia

es abundante, la capacidad de retención se supera pronto y gran cantidad de agua llega al suelo.

Se han talado muchos hayedos para convertirlos en prados de diente en las montañas y robledales en prados de siega en los fondos llanos. Las pequeñas raíces de las hierbas de los prados forman un entramado que, con lluvias suaves y continuadas, retienen muy bien la capa superficial del suelo de estructura muy porosa. Pero ante lluvias torrenciales, su capacidad se sobra y el agua resbala ladera abajo sin encontrar obstáculos que frenen su avance. En las laderas de mayor pendiente, el prado empapado y pesado produce deslizamientos del terreno expuestos a la erosión y a la formación de barrancos.

La aliseda es el bosque galería que acompaña a los cauces encajados de ribera. Se forma sobre suelo aluvial y está compuesta, en el estrato arbóreo, por alisos, fresnos de hoja ancha, sauces blancos y avellanos. Su flora herbácea es variada y de porte elevado. Contribuye a fijar el suelo frente al arrastre de las aguas en las crecidas. Por el lado de tierra firme contacta con los bosques mixtos de roble común, fresnos y avellanos. Cuando faltan éstos, la aliseda se rodea de campos de cultivo o prados de siega.

El río Bidasoa mantiene una aliseda relativamente continua en buena parte de su recorrido, si bien se ha ido reduciendo por la ocupación humana. El río Ezkurra, antes de llegar a Zubietta, conserva bien la vegetación de ribera y después alternan zonas mejor y peor conservadas. Lo mismo sucede en la regata Marín y en el Onin. Los ríos Zeberia y Tximista son los que mejor conservan la vegetación de ribera. Su eliminación favorece la aceleración de la masa de agua, al encontrar menos obstáculos a su paso. En algunos lugares, no es bueno el estado de las riberas y del ecosistema: basuras, ocupación del espacio de ribera por cultivos y edificios,

bosques ribereños en mal estado, ruptura de la continuidad del río.

Si se comparan los mapas de vegetación potencial y actual se observa que, a través del tiempo, los hayedos y sobre todos los robledales, han retrocedido mucho, pues ocupaban los mejores terrenos. A la transformación de bosque en prados, hay que añadir la tala para el suministro de madera. En Cinco Villas, Baztan, Urumea, Leizaran y Araitz sólo se conservan, por debajo de 600-700 m, pequeños rodales de robledal y de repoblación de coníferas. En cambio, la superficie potencial y real del hayedo es bastante parecida. Además se ha modificado el área forestal, con cambio de especies, podas y limpiezas, favoreciendo el paso del bosque al pastizal.

Con la deforestación, el suelo retiene menos agua, y aumenta la dimensión, frecuencia y la fuerza de las inundaciones. Las zonas de fuertes pendientes y laderas, sin bosques, son favorables a una escorrentía rápida, mientras que el recubrimiento del bosque la retrasa. Por eso, si se cuida el bosque autóctono en las cabeceras (divisoria de Belate-Azpirotz, montes del Bidasoa, macizos de Cinco Villas y Quinto Real), las inundaciones en los valles guipuzcoanos no serán tan fuertes. Sería interesante respetar lo que se tiene, y recuperar los cauces y riberas de los tramos castigados con especies autóctonas.

4. El comportamiento hidrológico de los ríos

Las características de los ríos cantábricos (caudalosidad, irregularidad, variaciones mensuales, crecidas y estiajes, transporte de carga por suspensión), aportan datos de interés para conocer las inundaciones. Son ríos de cuencas estrechas y de escasa longitud, pues las montañas donde nacen se encuentran próximas al mar. Recorren la

zona más lluviosa de Navarra, con balance hídrico excedentario, muy elevado en las cabeceras. Tienen una aportación natural media, que supone el 14,6% del volumen total medio circulante por Navarra y el 28,8% del generado en Navarra. Su régimen es pluvial más que nival, pues aunque caen nevadas invernales en las montañas, permanecen poco tiempo en el suelo por la moderación de las temperaturas.

La escasa extensión de sus cuencas genera un caudal absoluto limitado, inferior a $6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Leizaran $4,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; Añarbe $2,31 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; Endara $0,26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; Baztan $5,15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y el Ezkurra $6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), salvo en los ríos Urumea y Bidasoa. El coeficiente de variación mensual en Endarlatsa y Ereñozu (Fig. 4), señala las diferencias que hay entre los meses con caudal elevado, todos los de la estación fría, y los de bajo caudal, el resto, que coinciden con la estación cálida. Las diferencias entre el mes más caudaloso, febrero, y el menos, septiembre, muestran cierto contraste, que es, sin embargo, inferior al de los ríos mediterráneos. Como no hay verano seco, la curva de variaciones de caudal es poco pronunciada en sus altas y bajas. Sin embargo, de junio a septiembre, se aprecia un estiaje importante, precisamente cuando se genera sólo el diecisiete por ciento de los recursos medios anuales y es la época en que hay mayor demanda de agua.

Más interesante con respecto a las inundaciones resulta el caudal relativo o específico, que es elevado, al contrario de lo que sucede con el absoluto. Se sitúa entre los 40 y $60 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$, casi todos llevan de media entre 40 y $50 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$ y algunos superan dicha cifra, como el Añarbe $57,1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$ y el Urumea $57,87 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$. Es decir, se trata de ríos cortos pero con alta abundancia específica; quizás los más caudalosos específicos de la Península. Prueba de ello es el río Bidasoa en Endarlatsa que aporta un caudal específico de $42,47 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$, con

máximo en febrero ($91,99 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$), diciembre ($65,66 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$) y marzo ($63,47 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$); y mínimo en septiembre ($9,38 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$), agosto ($14 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$) y julio ($16,5 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$).

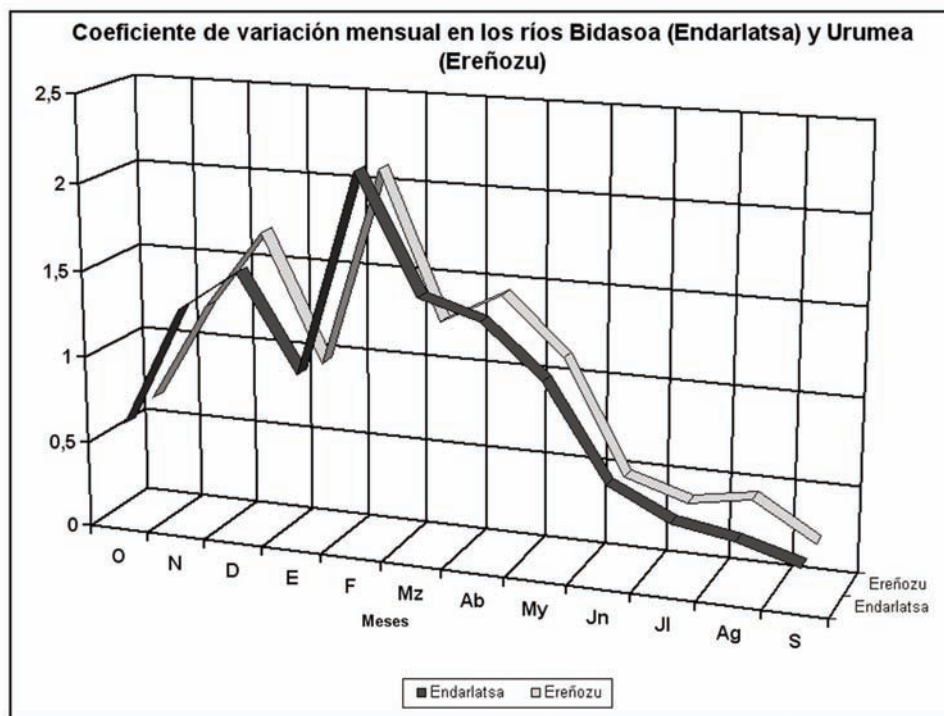


Fig. 4. Coeficiente de variación mensual en Endarlatsa y Ereñozu.

Los ríos cantábricos, con pocas diferencias de caudal entre unos años y otros por las lluvias seguras, tienen un coeficiente de irregularidad entre uno y dos (Añarbe 1,16; Endara 1,64; Leitzaran 1,80), aunque algunos superan dicha cifra (Urumea en Ereñozu 2,59 y Oria en Alegria 2,2). Eso no quiere decir que no se den crecidas y sequías, y que haya un contraste acusado en los caudales extremos diarios (el Bidasoa en Endarlatsa $686,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; el Urumea en Ereñozu $421 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ y $0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$). A pesar de ello, los estiajes no son tan fuertes como los de los ríos andaluces de parecido tamaño.

Se observan en las avenidas dos tipos distintos de hidrogramas. El originado por precipitaciones intensas de tormenta produce una curva de ascenso brusca que refleja un rápido proceso de concentración de caudal. Es el caso de la inundación de primer nivel del río Bidasoa del 4 de mayo de 2007, debida a elevadas precipitaciones, 33 mm y 54 mm que cayeron, respectivamente, en tres y seis horas. Tal cantidad de lluvia dio lugar a una crecida con perfil muy apuntado y poco tiempo de reacción. En cinco horas subió el nivel del río de 2,15 m a 5,79 m (3,64 m), superó su capacidad de evacuación, y produjo avenidas. La punta de

crecida mantuvo su nivel alto durante cuatro horas, para descender pausadamente en un proceso de laminación (Fig. 5). Se superaron

los umbrales de prealerta y emergencia, 4,50 m y 5,50 m respectivamente.

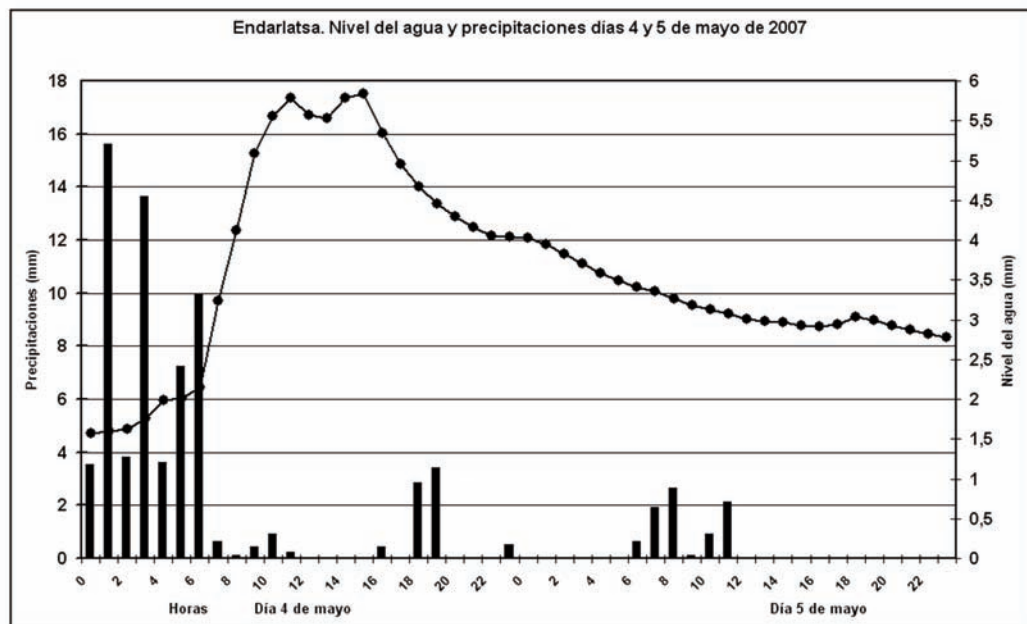


Fig. 5. Nivel del río Bidasoa en Endarlatsa y precipitaciones, 4 y 5 de mayo de 2007.

Con este tipo de crecidas, la fuerza erosiva del agua origina desprendimientos en las márgenes, y el río invade las llanuras laterales. Por otra parte, las regatas del curso alto, que atraviesan zonas de fuerte pendiente, antes de llegar al río principal, anegan aquellos lugares que no han sido bien planificados. La presencia de pequeños subtramos que bajan de las montañas, favorece la generación de peligrosas avenidas súbitas, a veces sobre cauces de poco caudal y con gran capacidad de erosión. Además, la escorrentía es alta por el predominio de rocas impermeables. Es complicada la regulación natural por la inestabilidad de las laderas que favorecen los deslizamientos y la erosión y transporte de torrentes.

En cambio, los temporales atlánticos de la estación fría dan unas crecidas distintas, más prolongadas en el tiempo, como las de los días 11 y 12 de febrero de 2009. Esta tardanza puede ser suficiente para rebajar el peligro en los puntos más vulnerables. El hidrograma refleja la inundación de segundo nivel del río Urumea de la madrugada del 12 de febrero de 2009, en que se recogieron 28,5 mm en once horas y con una máxima intensidad de 5,2 mm en una hora. Con estas cifras, se produjo una curva de ascenso bastante más sostenida; el nivel del agua subió de 1,5 m a 2,7 m en diez horas, por lo que hubo más tiempo de reacción, aunque se superaron los umbrales de prealerta y emergencia (Fig. 6)

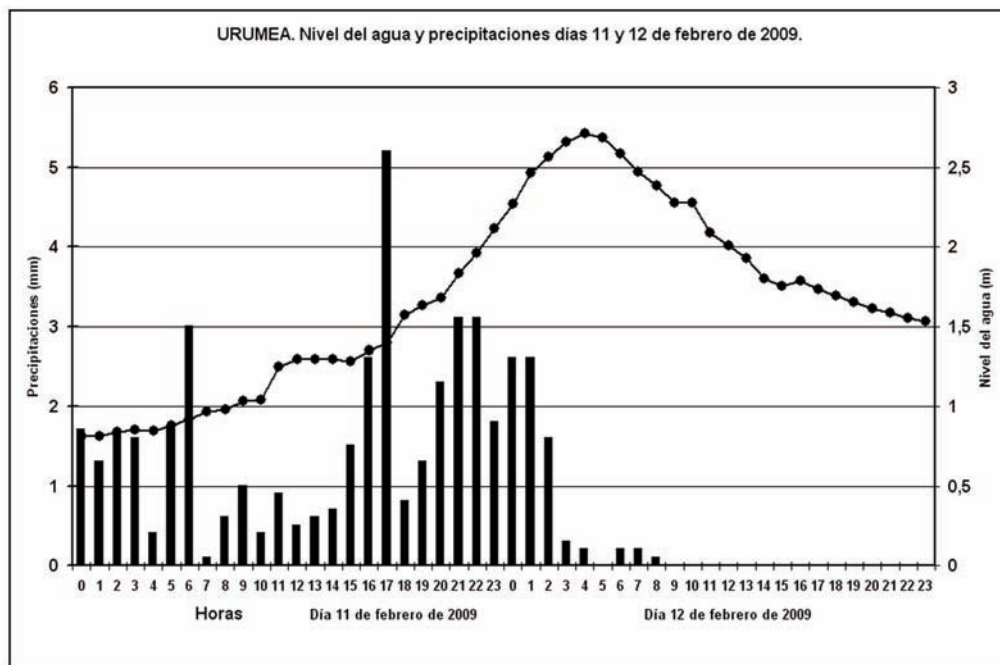


Fig. 6. Nivel del río Bidasoa en Endarlatsa y precipitaciones, 11 y 12 de febrero de 2009.

5. Alteración de las condiciones naturales

La modificación de los cauces de los ríos ha extremado los efectos de las inundaciones y contribuido a aumentar la punta de las crecidas. Estas variaciones han sido poco pronunciadas en los tramos altos, e importantes en las pocas zonas llanas existentes, en donde, debido a su configuración topográfica, se asienta la población. La invasión del cauce por urbanización abusiva, edificios urbanos e industriales, en zonas inundables agravan los daños, circunstancia que se da con mucha frecuencia en los valles guipuzcoanos donde hay menos espacios para edificar. En la figura 7 se representan los principales obstáculos situados a lo largo de los ríos: embalses; centrales, presas y molinos; puentes; y canalizaciones.

La capacidad de regulación artificial de los valles cantábricos es baja, porque no hay mucha posibilidad en cuencas estrechas de fuerte pendiente y sin dimensiones apropiadas, por lo que el efecto laminador apenas se percibe. Por ello, hay pocos embalses y de escasa capacidad (Añarbe y Artikutza, Urumea-Añarbe, tramo 1c de 44 hm³ y 1,6 hm³ de capacidad; San Antón y Domiko, río Endara, 2b3, con 5,1 hm³ y 0,8 hm³, para el abastecimiento de Irún y Fuenterrabía; Mendaur y Leurtza, 0,8 hm³, ríos Ezkurra y Espelura, para la generación de energía hidroeléctrica, 2a3), y mucha derivación de caudales a las pequeñas centrales hidroeléctricas (Fig. 7).

Las centrales, molinos y presas, muy abundantes, suponen una alteración importante del régimen hidrológico de los cauces, porque dificultan la circulación del río. Algunas, peligrosas por su altura y perfil

vertical, no se utilizan y están mal comunicadas. La retención o rotura de las presas, en caso de fuertes lluvias, provoca el

incremento del volumen, velocidad, punta de la crecida y evacuación posterior de los ríos y regatas.

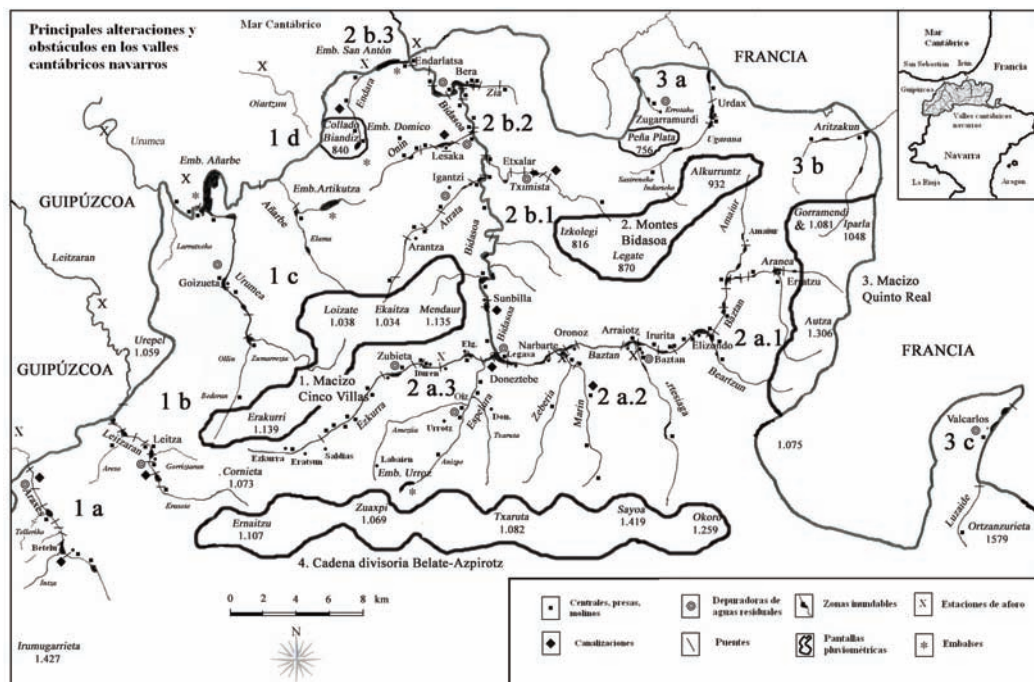


Fig. 7. Principales obstáculos en los ríos cantábricos navarros.

Desde tiempos lejanos se instalaron pequeñas presas en las regatas altas y, en tiempos más recientes, se aprovecharon los saltos de agua para energía eléctrica. Estas presas han elevado el nivel del agua y, con intensas lluvias, se produce una mayor acumulación de agua, y se multiplica la velocidad de la corriente. Debido a la alteración producida por la retención de aguas de las presas y el depósito de limos debajo de ellas, el caudal circulante es muy inferior al natural. Por eso y por las innumerales detracciones de agua existentes, los cauces principales y las regatas tienen un fuerte estiaje. También se ha observado un represamiento por obstrucción en los puentes, que tienen una capacidad de

desagüe insuficiente (Fig. 7).

Se han realizado algunos encauzamientos artificiales y canales en los ríos de los valles cantábricos (Fig. 7). Los cubiertos, que aparecen en algunas poblaciones, si no tienen dimensiones adecuadas, se sobran con precipitaciones intensas. El estrechamiento del cauce por la canalización hace que el agua alcance mayor altura y más velocidad. Aunque sirve para disminuir la avenida en las zonas cercanas, aumenta el caudal punta, y el problema se traslada a otras zonas más bajas. Además, la ruptura de una defensa provoca que la crecida se esparza por las zonas llanas, pues el canal eleva la corriente por encima del nivel del terreno inundable. El reciente canal de Doneztebe, que hasta

ahora ha aguantado las riadas, se rebasó ligeramente en las últimas inundaciones de segundo nivel de febrero de 2009.

La Confederación Hidrográfica del Norte y el Gobierno de Navarra desarrollan un programa de eliminación de los obstáculos más importantes de los ríos cantábricos. Desde el año 2005 se han permeabilizado o derribado más de diez obstáculos, algunos peligrosos, como Berrizaun (confluencia Bidasoa y Latsa, tramo 2b2), o la presa del molino viejo de Etxalar (regata Tximista, 2b2).

Después de una riada se observa que la reconstrucción se hace en condiciones muy parecidas a las que provocaron su destrucción. Se planifican canalizaciones de cauces en sitios concretos sin saber exactamente sus consecuencias. Y seguramente los problemas se repetirán si no se toman las medidas oportunas.

6. Conclusiones

El número total de inundaciones históricas y, en concreto, las más recientes de febrero de 2009, demuestra que los valles cantábricos navarros se encuentran en una zona con riesgo de avenidas, que son peligrosas por su formación rápida, poco tiempo de concentración, y velocidad originada por la fuerte pendiente de los ríos. Se trata de un fenómeno inesperado y no fácil de explicar, por los factores geográficos interrelacionados que actúan.

La climatología de los valles favorece la presencia y alta frecuencia de avenidas: posición próxima al mar Cantábrico, fuente de humedad; precipitaciones anuales y máximas diarias abundantes; balance hídrico excedentario, muy elevado en las cabeceras; y situación en la línea de entrada de los temporales atlánticos y de las tormentas estivales.

El relieve favorece la concentración rápida de la escorrentía y la disponibilidad

de poco tiempo de reacción. La orogenia herciniana dominante da lugar a una complicada red de aristas de intersección de vertientes, puntos de referencia en las crecidas fluviales. Las masas nubosas entran desde el mar Cantábrico a los valles navarros siguiendo cuatro trayectorias, en las que se sitúan las montañas, bien orientadas, que actúan como pantallas pluviométricas. Los valles se encuentran en una zona de terrenos impermeables con escasas pérdidas hídricas subterráneas. Las rocas metamórficas forman sierras quebradas, y valles encajonados y retorcidos de vertientes abruptas, que dibujan amplios meandros y pocas llanuras de expansión, que recogen las aguas torrenciales de innumerables regatas de las cumbres.

Los bosques de hoja caduca, y la aliseda de las riberas, aportan, en un principio, condiciones mitigadoras de las inundaciones. Pero su transformación en prados, la eliminación de la vegetación de ribera y la tala indiscriminada suponen una menor retención de agua y un aumento de la carga sólida. Las laderas desnudas en pendiente son favorables a una escorrentía rápida. Lo prudente sería respetar lo que se tiene, y recuperar, con especies autóctonas, los cauces y riberas de los tramos castigados.

Las características hidrológicas de los ríos cantábricos explican las inundaciones. Se trata de ríos cortos pero con alta abundancia específica, que las crecidas provocan desprendimientos y deslizamientos. La presencia de regatas que bajan de las montañas incrementa la generación de peligrosas avenidas súbitas, a veces sobre cauces de poco caudal y con gran capacidad de erosión. Es complicada la regulación natural por la inestabilidad de las laderas, que favorecen los deslizamientos y la erosión y el transporte de sedimento en cauces torrenciales.

La modificación de los cauces y la presencia de obstáculos situados a lo largo de

los ríos –embalses, centrales eléctricas, puentes, canalizaciones– suponen una alteración importante del régimen hidrológico de los cauces. Estas variaciones son poco pronunciadas en los tramos altos e importantes en las pocas zonas llanas, en donde, debido a su configuración topográfica, se concentra la actividad humana. Cuando el agua supera su capacidad de evacuación, ocupa la llanura de inundación.

Sería interesante la adopción de medidas para reducir el riesgo de inundación mediante el estudio de las aguas en las laderas y el fomento de la repoblación de masas forestales con especies autóctonas, sobre todo en los cursos altos y medios; la planificación conjunta de los diferentes puntos de la cuenca; la retirada de población de los lugares más peligrosos; y la construcción de las vías de comunicación sin coincidir con las zonas de crecidas de los ríos. No se trata de buscar soluciones para lugares concretos, sino realizar actuaciones globales en todos los tramos.

Bibliografía

FLORISTÁN, A. et al. (1986): *Gran Atlas Geográfico e Histórico de Navarra*, tomo 1 Geografía, Pamplona, Caja de Ahorros de Navarra.

FLORISTÁN, A. et al. (1991): *El agua en Navarra*, Pamplona, Caja de Ahorros de Navarra.

FLORISTÁN SAMANES, A. (2000): *Geografía de Navarra. El solar* (tomos 1 y 2, *las Comarcas* (tomo 5). Pamplona, El Diario de Navarra.

GOBIERNO DE NAVARRA (2001): *Estudio agroclimático de Navarra*. Pamplona, Dpto. de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Servicio de Estructuras Agrarias.

GOBIERNO DE NAVARRA y CRANA (2007): *Foro del Agua de Navarra*. Documento Técnico para la Participación Pública en la Cuenca del Bidasoa.

GOBIERNO VASCO (2006): *Caracterización de las masas de agua superficiales de la CAPV*. Departamento de Transportes y Obras Públicas.

GOBIERNO VASCO (2007): *Mapa de inundabilidad de la CAPV*. Departamento de Transportes y Obras Públicas.

GOBIERNO VASCO (2007): *Mapa de inundabilidad de la CAPV*. Departamento de Transportes y Obras Públicas.

IBISATE, A., OLLERO, A. y ORMAETXEA, O. (2000): «Las inundaciones en la vertiente cantábrica del País Vasco en los últimos veinte años: principales eventos, consecuencias territoriales y sistemas de prevención». *Serie Geográfica*, nº 9, Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco.

PEJENAUTE GOÑI, J. (1991): «Estudio de las precipitaciones torrenciales de agosto de 1983 en Navarra». *Lurralde*, 14, pp. 117-142.

PEJENAUTE GOÑI, J. (1996): «Estudio de un episodio de lluvia torrencial en Navarra con efectos de inundación». *Espacio, tiempo y forma*, Serie VI, Geografía, t. 9, pp. 133-177.

PEJENAUTE GOÑI, J. (2002): «Precipitaciones máximas diarias en las comarcas navarras», *El agua y el clima, III Congreso de la Asociación Española de Climatología*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, pp. 305-314.

PEJENAUTE GOÑI, J. (2008): «Inundaciones históricas en los valles cantábricos navarros (1881-2007)», *Cambio climático regional y sus impactos, VI Congreso de la Asociación Española de Climatología*, Universidad Rovira i Virgili de Tarragona, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 6, pp. 209-221.

PRIETO, C. y LAMAS, J. L. (1985): «Avenidas extraordinarias en el País Vasco». *Geología y prevención de daños por inundaciones*. IGME, pp. 247-334.